



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**Conectividade da Paisagem entre Unidades de Conservação do
Distrito Federal baseada em Modelos de Custo Friccional**

IGOR GUEDES DE AQUINO

Brasília - DF

Novembro/2014

IGOR GUEDES DE AQUINO

**Conectividade da Paisagem entre Unidades de Conservação do
Distrito Federal baseada em Modelos de Custo Friccional**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Ciências Ambientais da
Universidade de Brasília, como requisito
parcial para obtenção de grau de bacharel
em Ciências Ambientais, sob orientação
do professor Dr. Carlos Henke de Oliveira.

Brasília - DF

Novembro/2014

AQUINO, I.G.

Conectividade da Paisagem entre Unidades de Conservação do Distrito Federal baseada em Modelos de Custo Friccional

Orientação: Dr. Carlos Henke de Oliveira

41 páginas.

Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2014.

1. Conectividade da paisagem - 2. Custo friccional - 3. Múltiplos caminhos de menor custo - 4. Corredores ecológicos (PALAVRAS CHAVES).

**Conectividade da Paisagem entre Unidades de Conservação do Distrito
Federal baseada em Modelos de Custo Friccional**

Igor Guedes de Aquino

Orientador: Dr. Carlos Henke de Oliveira

Brasília-DF, 4 de dezembro de 2014.

Banca Examinadora

Prof.Dr.Carlos Henke de Oliveira (Orientador)

Instituto de Biologia da Universidade de Brasília

Prof.Dr.André de Almeida Cunha (Avaliador)

Instituto de Biologia da Universidade de Brasília

Prof.Dr.Gustavo Macedo de Mello Baptista (Avaliador)

Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

Dedico este trabalho de conclusão de curso ao desenvolvimento da ciência: que nunca paremos de questionar até mesmo as teorias mais consolidadas.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Dr. Carlos Henke de Oliveira, por me acompanhar desde o terceiro semestre da graduação, também pela paciência nas explicações e discussões e igualmente pela amizade.

Agradeço à minha família pelo apoio e suporte, desde sempre.

À presença dos meus amigos na minha vida, que contribuem de modo indireto no meu rendimento profissional e especialmente à Ana Paula Saad Rodrigues, ao Jorge Salim Ritzk e ao Celso Eduardo Lago Costa pelo acompanhamento e apoio em momentos difíceis.

À vida e à força maior, pela oportunidade de viver.

Resumo

Autores trabalharam de diversas formas, utilizando metodologias diversificadas, para analisar a conectividade da paisagem e propor soluções para sua efetivação. O presente trabalho de conclusão de curso utiliza a ferramenta de custo friccional para fomentar discussões sobre a construção de corredores ecológicos entre Unidades de Conservação do Distrito Federal. Trata-se de uma ferramenta que considera as diferentes resistências que as diversas coberturas do solo da matriz impõem sobre o deslocamento da fauna, atribuindo pesos a unidades da paisagem que possam facilitar ou dificultar a dispersão, fornecer alimentos e diminuir ou aumentar riscos à saúde do animal. Comumente, muitos trabalhos com custo friccional calculam a menor distância relativa entre dois pontos da paisagem, ou seja, que é medida baseada nos pesos atribuídos às unidades da paisagem, formando o caminho de menor custo. Nesse trabalho foi utilizada uma abordagem de múltiplos caminhos de menor custo, implementada a partir da atribuição de um peso muito alto para o primeiro caminho, forçando assim o modelo a traçar um caminho secundário, quando feito o cálculo do caminho de menor custo novamente, que era assinalado com um valor muito alto também e assim sucessivamente. De modo geral, pela análise da dispersão dos caminhos foram identificados três corredores entre o Parque Nacional de Brasília e a Estação Ecológica de Águas Emendadas, em regiões que apresentaram visualmente adensamento intenso de caminhos e três padrões de dispersão entre a Estação Ecológica e um fragmento da Floresta Nacional de Brasília, refletindo a importância de áreas prioritárias para a conservação de populações no Distrito Federal.

Palavras chave: conectividade da paisagem, custo friccional, múltiplos caminhos de menor custo, corredores ecológicos.

Abstract

Researchers have developed a diversity of ways to determining landscape connectivity and propose solutions to it issues. We used the least cost path analysis with multiple shortest paths for the discussion about landscape corridors implementation between protected areas in the Distrito Federal, Brazil. The least cost path analysis is an approach that takes into account the diverse resistance that a matrix has on the movement of species by assigning weights on different land cover of a landscape. Thus a least cost path is calculated between two points in a landscape based on the distance weighted by the elements of the matrix. To simulate multiple shortest paths, we assigned a high weight value on the least cost path in a way that the next least cost path would not be placed in the same area as the first least cost path and the second path was assigned a high value either to place the third least cost path in a different area than the second and first paths and successively for 30 least cost distances. In a general way, three landscape corridors could be identified by the many least cost paths that were together between the protected areas Estação Ecológica de Águas Emendadas and Parque Nacional de Brasília and the simulation of movement between the protected areas Estação Ecológica de Águas Emendadas and Floresta Nacional de Brasília showed three patterns of dislocation. These results reflected the importance of areas for conservation purposes in Distrito Federal.

Key words: landscape connectivity, frictional cost, multiple shortest paths, ecological corridors.

Índice de Figuras

Figura 1: Caminhos determinísticos para o Lobo-guará (em azul) e Onça-parda (em vermelho). Nota-se a importância da região da APA de Cafuringa para o deslocamento da Onça-parda, animal que depende primariamente das matas e o Parque Nacional de Brasília para o Lobo-guará, espécie a qual foi considerada o Cerrado <i>Sensu Stricto</i> como habitat principal.	22
Figura 2: Superfície de fricção/resistência: parte do procedimento para o cálculo do caminho de menor custo. Cada cor diferente na imagem representa uma classe de uso da terra com valor de atributo distinto. A unidade da paisagem de coloração roxa, por exemplo, representa áreas urbanas, que possuem pixel com valor de atributo equivalente a 1200 para o Lobo-guará, ou seja, valor 40 vezes superior ao habitat principal dessa espécie, indicando que deslocar-se geograficamente por 30 metros em uma área urbana equivale ao deslocamento de 1200 metros em uma área de Cerrado <i>Sensu Stricto</i> , seu habitat principal.	24
Figura 3: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Tamanduá-bandeira.....	29
Figura 4: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Tatu-canastra.....	29
Figura 5: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Jaguaririca.....	30
Figura 6: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Ariranha.	30
Figura 7: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para o Cachorro-do-mato-vinagre.	31
Figura 8: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para a Onça-parda.	31
Figura 9: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para o Lobo-guará.....	32
Figura 10: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e a Flona para a Jaguaririca.	33
Figura 11: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e a Flona para o Tamanduá-bandeira.	33
Figura 12: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e a Flona para o Lobo-guará.....	33

Abreviaturas

PNB: Parque Nacional de Brasília

Flona: Floresta Nacional de Brasília

ESECAE: Estação Ecológica de Águas Emendadas

DF: Distância Friccional

DG: Distância Geográfica

Sumário

Agradecimentos	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Índice de Figuras	ix
Abreviaturas	x
1- Introdução	11
2-Objetivo	18
3-Justificativa.....	19
4-Metodologia.....	23
5-Resultados	28
5.1-Resultados da movimentação entre o PNB e ESECAE	28
5.2-Resultados da movimentação entre a FLONA e ESECAE	32
7-Considerações finais	37
8-Bibliografia	38

1- Introdução

A conectividade da paisagem pode ser entendida como o grau de facilidade ou dificuldade que essa imprime na movimentação da fauna, dispersão da flora (incluindo sementes e propágulos), de matéria e energia.

A conectividade da paisagem costuma ser medida por índices espaciais, que consideram o grau de isolamento ou conectividade das manchas, sendo que o grau de isolamento pode ser dividido em duas classes (Metzger, 2004 apud Forero-Medina e Vieira 2007): a que mede o grau de isolamento de um fragmento e a que busca a média de isolamento dos fragmentos como um todo na paisagem. No entanto, os índices de conectividade consideram a densidade das estruturas de conexão e são mais completos por considerarem a permeabilidade da matriz (Metzger, 2004 apud Forero-Medina e Vieira, 2007). Contudo, nem sempre podemos confiar em índices da paisagem, pois, segundo Rutledge (2003), os índices de modo geral não indicam adequadamente a relação entre os padrões espaciais e processos ecológicos. Assim, o autor sugere que pesquisas futuras sejam realizadas para responder questões como: qual seria a proporção de área em relação à área total (assim como a extensão da totalidade) requerida para manter uma espécie ou processo, em que escala um processo opera, e caso seja conhecido o processo e escala, descobrir o que pode ser feito para prevenir fragmentação ou reestabelecer conectividade e saber como o padrão espacial afeta a distribuição e abundância de espécies exóticas. Ainda, reiterando, de acordo com Tischendorf (2001), os índices da paisagem não necessariamente estão correlacionados com processos ecológicos.

Urban e Keitt, 2001, aplicaram a teoria de grafo para a ecologia da paisagem e análise de conectividade. Nessa teoria, os grafos são representações de manchas e da dispersão da fauna entre elas, sendo as manchas equivalentes a vértices e a dispersão é mostrada por meio de linhas

que ligam os vértices ponto. É levado em conta o tamanho e qualidade das manchas para estimar a função de fonte-sumidouro em metapopulações e também é reconhecida a capacidade de dispersão diferenciada entre as espécies considerando a matriz como puramente não habitat. Portanto, o modelo isoladamente considera a matriz como uma superfície homogênea quanto à dificuldade de deslocamento. Ainda assim, é um modelo interessante para identificar a importância de manchas para a conectividade da paisagem como um todo, também por considerar o número de conexões que cada mancha tem, e por isso tem aplicação em situações em que é necessário priorizar a preservação de fragmentos da paisagem. Jordán, 1999, por exemplo, utilizou a teoria de grafo juntamente com a engenharia de confiabilidade (Von Neumann, 1956; Barlow e Proschan, 1965) para definir topologicamente os melhores desenhos de corredores ecológicos em uma paisagem hipotética em que há risco de deleção dos corredores. A engenharia de confiabilidade mede a probabilidade de uma operação ser bem sucedida, no caso a operação considerada é a migração de uma mancha de habitat altamente degradada para manchas que possam dar suporte a uma persistência de longo prazo para populações.

Um meio de trabalhar com a conectividade da paisagem, considerando as diversas unidades da paisagem que fazem parte da matriz e influenciam de modo diferenciado o deslocamento, é fazer uso da ferramenta de custo friccional (Adriaensen et al. 2003; Adriaensen et al. 2007; Armstrong e Richard 2010; Dunnett e Nikolakaki 2005; Pinto e Keitt 2009; Carranza et al 2012; Verbeylen, G. et al. 2003), uma ferramenta encontrada em softwares de geoprocessamento, que reflete o custo relativo de deslocamento da fauna, de modo que para quantificá-lo é incluído noção de dificuldade de locomoção, riscos associados à saúde e à vida de indivíduos das espécies trabalhadas, habitats preferenciais para acasalamento e forrageamento. O custo friccional é uma ferramenta que pode ser usada para a delimitação de um caminho de menor custo relativo entre duas Unidades de Conservação (UCs), ou outros pontos/polígonos quaisquer escolhidos pelo operador do software de

modelagem empregado, refletindo o ponto de vista das espécies sobre a paisagem.

O uso do custo friccional tem geralmente como fim traçar um caminho de menor custo relativo. Esse objetivo é alcançado seguindo as etapas: **(a)** estabelecer valores que refletem a dificuldade ou facilidade de deslocamento das espécies em cada unidade da paisagem. Esses valores são calculados em relação a um montante básico, que é um número adimensional, que pode ser, por exemplo, 1. Dessa maneira, se existir para uma espécie uma relação de duas vezes mais dificuldade em atravessar determinada unidade da paisagem quando comparada com a unidade de habitat preferencial, teríamos um valor de atrito (ou também chamado valor de atributo) de 1 para todos os pixels classificados como habitat preferencial e 2 para todos aqueles inseridos em uma unidade de preferência secundária, representando o custo relativo de deslocamento. Cada unidade da paisagem distinta pode caracterizar um custo relativo de deslocamento diferente, a depender da espécie estudada, em relação ao montante básico do habitat preferencial. Sendo assim, a próxima etapa **(b)** é constituir a superfície de atrito. Esta pode ser alcançada utilizando o módulo ASSIGN, que transforma o valor de identificação dos pixels de cada classe de uso da terra no custo relativo de deslocamento pra cada uma dessas classes, que representam unidades da paisagem. Depois, **(c)** utilizar o módulo COST, que calcula a soma dos valores dos pixels de um ponto de origem até todos os pixels da imagem e assim qualquer pixel consultado na imagem mostrará o valor equivalente à soma de pixels desde a origem até esse pixel. A última etapa, **(d)** é feita com o módulo PATHWAY, que a partir do ponto de origem da imagem resultante do COST, vai identificando os pixels com menores valores até um ponto alvo escolhido, formando o caminho de menor custo relativo. A seguir, breves descrições de trabalhos que utilizaram o custo friccional.

Adriaensen et al. (2007) trabalharam com validação de modelagem comparando dados empíricos obtidos por radiocolar da espécie *Erinaceus europaeus* com a modelagem preditiva de custo friccional e concluíram que os indivíduos se locomoveram por caminhos que estiveram abaixo da média de custo da paisagem, indicando a não randomização do deslocamento. Para

analisar a média de custo da paisagem, os autores fizeram circunferências na imagem após ter rodado algum módulo equivalente ao COST, com centro na origem do deslocamento do indivíduo da espécie estudada, passando por cada ponto de localização do GPS. Então, cada ponto de localização era tangente a uma circunferência diferente e foi feita uma média dos valores dos pixels de cada circunferência, e comparados com os valores do pixel de localização de cada ponto. Esses valores dos pixels eram os valores de custo acumulado.

Dunnett e Nikolakaki (2005) propuseram ações para aumentar a conectividade de uma paisagem fragmentada, levando em consideração a dinâmica de metapopulações, por meio do aumento no tamanho de manchas identificadas em zonas de alta conectividade e construção de corredores entre manchas localizadas em zonas de baixa conectividade. Os corredores foram propostos pelo caminho único de menor custo entre as manchas e a superfície de fricção foi gerada a partir do conhecimento da equipe sobre a espécie trabalhada, *Phoenicurus phoenicurus*, que foi escolhida por representar outras espécies, na medida em que é bastante frágil à fragmentação.

Carranza et al. (2012) trabalharam com a identificação de rotas de ligação entre manchas com maior probabilidade de uso por lontras (*Lutra lutra* L.) e a identificação de possíveis áreas de uso futuro pelas mesmas. Para isso, foi utilizada abordagem de custo friccional, múltiplos caminhos gerados pelo módulo PATHMATRIX (extensão do software arcview 3.x) e uso de fórmulas probabilísticas retiradas da literatura.

Verbeylen et al. (2003) buscaram medir o efeito da matriz sobre o isolamento e presença de esquilos vermelhos (*Sciurus vulgaris* L. 1758) em Bruxelas, na Bélgica. Para isso foram testadas medidas de Hanski, distância para as manchas fontes mais próximas, distância efetiva e combinações de distância efetiva e medida de Hanski. O tamanho e qualidade das manchas, assim como a porcentagem de tempo em que esquilos foram observados também foi contabilizado na análise, de modo que classes foram criadas para frequências de observação; a qualidade das manchas foi medida pela porcentagem de árvores que são utilizadas por esquilos principalmente por fornecer sementes comestíveis. Assim, efeitos de tamanho e qualidade da

mancha, distância e resistência da paisagem foram testadas com relação à presença dos esquilos (dividida em 5 classes, de acordo com a frequência em que os esquilos apareceram) estatisticamente por um modelo logístico para resposta de informação ordinal. Os pesos das fricções foram atribuídos por meio do conhecimento técnico da equipe a cerca dos hábitos e comportamento da espécie analisada. Neste trabalho, modelos que utilizaram a distância efetiva mostraram os melhores resultados.

Armstrong e Richard (2010) coletaram dados empíricos com radio colar da dispersão de pássaros jovens da espécie *Petroica longipes* na Nova Zelândia e compararam com modelos de custo friccional. Ainda, levaram em consideração a premissa de que espécies de animais têm limites em atravessar distâncias muito longas em determinados tipos de uso da terra, como em áreas de agropecuária, para a espécie de ave analisada no estudo, por isso testou-se modelos com funções diferentes que aplicavam uma função que variava a resistência friccional na classe pasto de uso da terra em detrimento da distância às manchas de habitat. Utilizaram um modelo estatístico denominado *conditional logit model* para análise dos resultados.

Apesar do valor que o custo friccional tem para a conservação (Sawyer; Epps; Brashares, 2011) apenas os trabalhos de Pinto e Keitt, 2008; Guimarães, Hartz e Becker, 2014 e Alonso, 2010 fizeram estudos no território brasileiro utilizando o custo friccional, e desses somente os dois últimos foram feitos em universidade nacional, no caso, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Um dos dois trabalhos da UFRGS, a dissertação de mestrado de Alonso, 2010, buscou delimitar corredores ecológicos em Porto Alegre (RS) para uma espécie de primata, o bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*). Para isso, os valores de atrito foram estabelecidos baseados em entrevista com 14 especialistas na espécie, resultando em valores de 1 a 20 a depender da classe de uso da terra. Das 20 classes de uso da terra classificadas no mapa, 7 foram consideradas barreiras efetivas ou inadequadas para a construção de corredores ecológicos, por isso foram assinaladas com o valor de -1. Os corredores foram delimitados com caminhos de menor custo, tendo uma largura total de 28 metros, feitos a

partir de uma operação de *buffer*, sendo que essa largura foi escolhida por considerar que larguras maiores que essa inviabilizariam o manejo e gestão dos mesmos.

O outro trabalho realizado por acadêmicos da UFRGS (Guimarães, Hartz e Becker, 2014) buscou investigar se a conectividade está associada com a riqueza de comunidades funcionais de peixes em 31 lagos costeiros no sul do Brasil em três tipos de ambientes: estuários, estuários em águas pouco salinas e águas pouco salinas. Também foi utilizada uma abordagem de seleção de modelo que considerou a área do lago e distância do oceano para verificar a relação com a riqueza de espécies. Para estimar a conectividade funcional foram estabelecidos valores de atrito de forma arbitrária nas regiões de conexão entre os lagos: os lagos foram associados com o valor 1, os córregos (cursos d'água com mais de 2 metros de largura) possuíam valor igual a 3, os pequenos córregos fricção correspondente a 5, os pequenos canais artificiais, 7, e as áreas inundadas, que não tinham nenhum canal aparentemente, o valor 10. A conectividade foi mais importante que a área para prever a riqueza nos ambientes de estuário e nos ambientes estuarinos com baixa salinidade.

O último dos trabalhos citados foi o de Keitt e Pinto (2009): abordaram o deslocamento por meio de múltiplos caminhos com o Conditional Minimum Transit Cost (CMTC) e o Multiple Shortest Paths (MSPs), aplicados por um programa escrito em linguagem Java, e analisaram as consequências de impactos localizados na vegetação para o deslocamento. O CMTC consiste no menor caminho formado entre o conjunto de células (pontos na paisagem) fonte até as células alvo, passando por um vértice V. Desse modo, o CMTC final resulta de todas as células com valores que formam o menor CMTC até valores 10% superiores. Os MSPs são os 100 caminhos de menor custo, levando em consideração a aleatoriedade do processo com a deleção de arestas (do modelo de grapho) que tenham valores maiores que U, sendo U um número entre 0 e 1 obtido por uma distribuição aleatória uniforme.

Contanto, o presente trabalho que se consolidou em uma monografia foi feito para lidar com a problemática da conectividade da paisagem no Distrito Federal e aumentar o número de trabalhos feitos no Brasil com uso do custo friccional. No Distrito Federal, o Parque Nacional de Brasília (PNB), a Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) e a Floresta Nacional de Brasília (Flona) são manchas na paisagem, com presença de vegetação nativa, em meio a um mosaico da paisagem composto por áreas urbanas, rurais e naturais no Distrito Federal. No entanto, ainda não há nenhuma proposta de corredor ecológico estabelecida para essas Unidades de Conservação com a abordagem de custo friccional.

2-Objetivo

O trabalho tem como objetivo geral avaliar estratégias de identificação de corredores de biodiversidade no DF pelo emprego de modelos friccionais. No entanto, para atingir este objetivo, é preciso levar em consideração outros três objetivos específicos: desenvolver estratégias de modelagem de custo friccional em múltiplos caminhos, identificar áreas de maior potencial para o estabelecimento de corredores ecológicos entre o PNB, a ESECAE e a Flona (em um fragmento localizado a oeste do PNB) e discutir sobre o esforço de modelagem necessário para a indicação de corredores ecológicos. Neste sentido, o esforço de modelagem é definido neste trabalho como o número de caminhos limites que devem ser modelados para cada espécie de modo a atingir um resultado suficiente para a análise satisfatória da paisagem.

3-Justificativa

Existe uma razão científica evidente para se promover o estudo da conectividade da paisagem: a perda de conectividade está ligada ao isolamento genético de populações em manchas, favorecendo a ocorrência e intensificando os fenômenos de deriva genética e endogamia (Frankham; Ballou; Briscoe, 2008). Por isso, ocasiona perda de potencial evolutivo. A deriva genética em populações pequenas cumpre esse papel por fixar alelos que não seriam fixados pela seleção natural, assim como pela variação abrupta na frequência deles, podendo ter em uma geração frequências altas de genes com baixo valor adaptativo. Já a endogamia provoca a redução na heterozigosidade e perda de vigor reprodutivo (Frankham; Ballou; Briscoe, 2008).

A análise da conectividade da paisagem também tem importância social, pois: A biodiversidade tem importância por participar das quatro categorias de funções que a natureza presta para suprir necessidades humanas de modo direto ou indireto. São quatro os tipos de serviços ecossistêmicos (MA, 2005; Ministério do Meio Ambiente, 2011) em que a biodiversidade participa de forma fundamental: *serviços de provisão* são aqueles relacionados à capacidade de produzir bens tangíveis, como fibras, madeira, recursos medicinais, cosméticos, alimentos e matéria prima para geração de energia; *serviços reguladores* são os que regulam condições ambientais que sustentam a vida, sendo, por exemplo, a purificação do ar, da água, regulação do clima, controle de pragas e doenças, controle de enchentes e erosão e tratamento de resíduos. Existem ainda os *serviços culturais*, que incluem lazer, prazer estético, espiritual e educacional e os *serviços de suporte*, que são aqueles que precisam existir para o mantimento dos demais serviços. Participam dos serviços de suporte a produção primária, formação de solos, polinização, ciclagem de nutrientes e dispersão de sementes (MA, 2005; Ministério do Meio Ambiente, 2011). Portanto, apesar de muitas vezes utilizarmos poucas espécies de modo direto, precisamos lembrar que dependemos indiretamente

da biodiversidade para manter o uso direto que fazemos dos recursos, seja por causa do controle de pragas e doenças, seja pela interdependência entre as espécies para manter a teia trófica ou papel que a fauna exerce com a zoocoria. Por isso mesmo, ao conservarmos espécies específicas com o estudo da conectividade da paisagem, justamente por causa dessa interdependência entre as espécies e função que parte da fauna exerce com a zoocoria, estamos auxiliando na manutenção de outras espécies, ecossistemas e paisagens, com consequência do mantimento de serviços ecossistêmicos dos quatro tipos, que beneficiam o ser humano.

Este trabalho de conectividade da paisagem já foi iniciado em um projeto de Iniciação Científica, conduzido pelo próprio proponente deste projeto e sob a mesma orientação. No referido estudo foi gerado um único caminho de menor custo entre o PNB e a ESECAE e entre esta e a Flona para sete espécies: *Pteronura brasiliensis* (Ariranha), *Chrysocyon brachyurus* (Lobo-guará), *Priodontes Maximus* (Tatu-canastra), *Myrmecophagatridentata* (Tamanduá-bandeira), *Speothos venaticus* (Cachorro-do-mato-vinagre), *Leopardus pardalis* (Jaguar) e *Puma concolor* (Suçuarana, Onça-parda). O conjunto das espécies escolhidas reflete a heterogeneidade espacial, são espécies carismáticas e demandam atenção em termos de conservação. Refletir a heterogeneidade espacial foi uma expressão utilizada aqui para indicar que cada espécie responde de forma diferente a cada unidade da paisagem.

Apesar de a Flona pertencer à categoria de Unidade de Uso Sustentável de acordo com a lei número 9.985 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação-SNUC, de 18 de julho de 2000, e possuir composição parcial de espécies exóticas como o eucalipto (*Eucalyptus sp.*) foi inserida no estudo para testar a possibilidade do PNB como rota de passagem.

De modo análogo à Metzger, 2006, pensamos (orientador e aluno) na escolha de espécies como representantes similares de grupos funcionais: são espécies que têm comportamento em relação à paisagem parecido com outras, como a onça-parda, representante de espécies que se distribuem em diversos biomas, que mesmo tendo a classe de mata como hábitat preferencial, se deslocam com facilidade na paisagem e atravessam corpos d'água com certa facilidade. Desse modo, é possível contemplar uma diversidade de grupos para

fins de conservação e isto é realizado pela possibilidade de intercruzamento entre os caminhos das espécies trabalhadas, indicando uma área importante para conservação e formulação de corredores ecológicos. O autor trabalha com a ideia de que um grupo funcional é aquele composto por espécies que possuem níveis de exigência parecidos quanto ao requerimento de área, especialização de microhabitat e que tenham capacidade de dispersão parecidas. Neste trabalho, a escolha das espécies foi feita com a ideia de representantes similares a grupos funcionais porque somente os critérios de capacidade de dispersão e preferência de unidade da paisagem (que não é exatamente a mesma coisa que especialização de microhabitat) foram levados em consideração para usar o conceito de grupo funcional trabalhado por Metzger, 2006.

A Figura 1 apresenta, a título de exemplificação, os caminhos do lobo guará e da onça-parda entre a ESECAE e Flona, gerado no projeto de Iniciação Científica. Neles, percebe-se que a APA de Cafuringa pode representar uma rota importante de deslocamento para a onça e os animais que utilizam as matas como habitat primário, existindo a possibilidade de indivíduos não atravessarem o Parque Nacional de Brasília como rota de passagem primária. Já o lobo, que nesse caso representa animais que dependem do Cerrado Sensu Stricto primariamente para deslocamento, indica a importância do Parque Nacional como rota primária e refúgio. Estes resultados muito contribuem para estabelecer estratégias de conectividade, contudo, apresentam limitações em função de ser uma abordagem puramente determinística e que ignora a viabilidade e a possibilidade do estabelecimento de múltiplos caminhos e corredores secundários para uma única espécie.

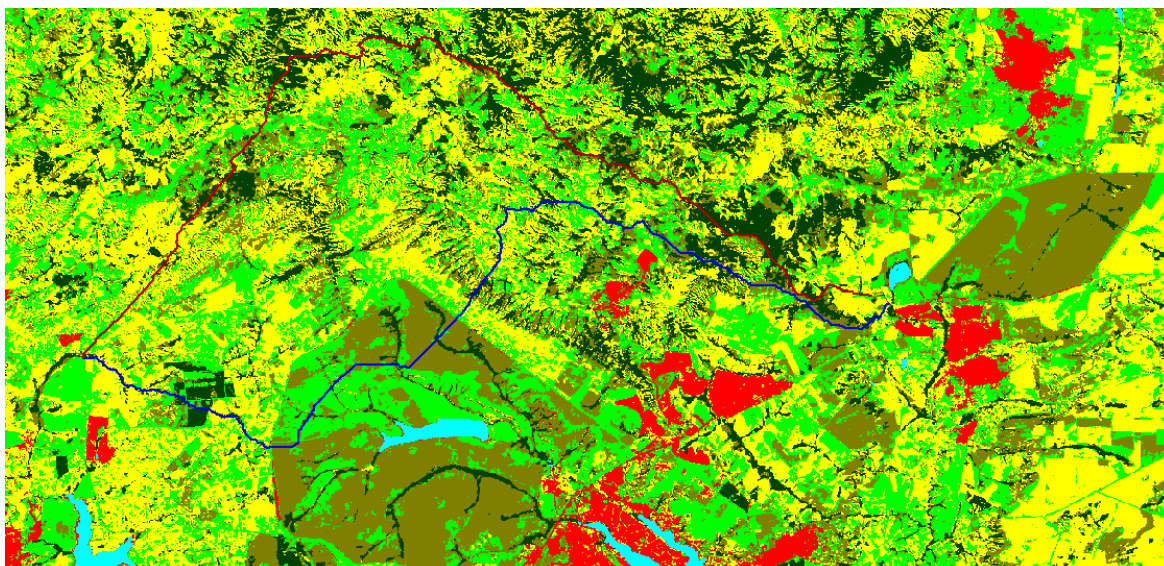


Figura 1: Caminhos determinísticos para o Lobo-guará (em azul) e Onça-parda (em vermelho). Nota-se a importância da região da APA de Cafuringa para o deslocamento da Onça-parda, animal que depende primariamente das matas e o Parque Nacional de Brasília para o Lobo-guará, espécie a qual foi considerada o Cerrado Sensus Stricto como habitat principal.

4-Metodologia

O método empregado aqui considera, por exemplo, que o Lobo-guará possui o Cerrado *Sensu Stricto* como habitat preferencial e as áreas de mata como habitat secundário. O Lobo-guará representaria então animais que poderiam obter mais recursos em um ambiente de Cerrado *Sensu Stricto* que em áreas de mata, que seria um tipo de habitat alternativo. Assim, podemos estabelecer uma relação de deslocamento de duas vezes mais dificuldade para a mata. Desse modo, o valor de atributo do Lobo-guará será de 30 no Cerrado (valor do pixel Landsat) e 60 nas áreas de mata e isso indica que o deslocamento no que corresponde a um pixel desse satélite em uma área do Cerrado *Sensu Stricto* equivale a um deslocamento real de 30 metros (com exceção dos momentos em que o caminho é feito na diagonal do pixel, que tem a distância real de $L\sqrt{2}$). No entanto, em um pixel classificado como mata, apesar de representar 30 metros reais, o deslocamento em uma distância como essa tem equivalência ao dobro, ou seja, 60 metros. Cada classe de uso da terra da paisagem terá um valor de atributo diferenciado (Quadro I), resultando em uma superfície de fricção ou resistência, e a soma dos menores valores entre os dois pontos (valores de acumulo friccional, gerados pelo modulo COST, que será explicado mais adiante) resultará no caminho de menor custo. O atributo é o valor que caracteriza a dificuldade ou facilidade de uma espécie em se locomover em um pixel, como no caso do Lobo-guará, em que o valor de atributo no Cerrado *Sensu Stricto* é 30. A superfície de fricção (Figura 2), também chamada de superfície de resistência é a informação resultante das atribuições para os pixels de cada unidade da paisagem na imagem inteira trabalhada. Embora a atribuição destes valores apresente um grau de subjetividade, foi baseada numa pesquisa bibliográfica (Anacleto e Marinho-Filho, 2001; Mantovani, 2001; Medri e Mourão, 2005; Pimenta, 2005; Ciocheti, 2007; Rosa, 2007; Juarez, 2008; Oliveira, 2009; Silveira et al., 2009) relacionada às espécies foco do estudo e no conhecimento do orientador e aluno sobre as características das espécies.

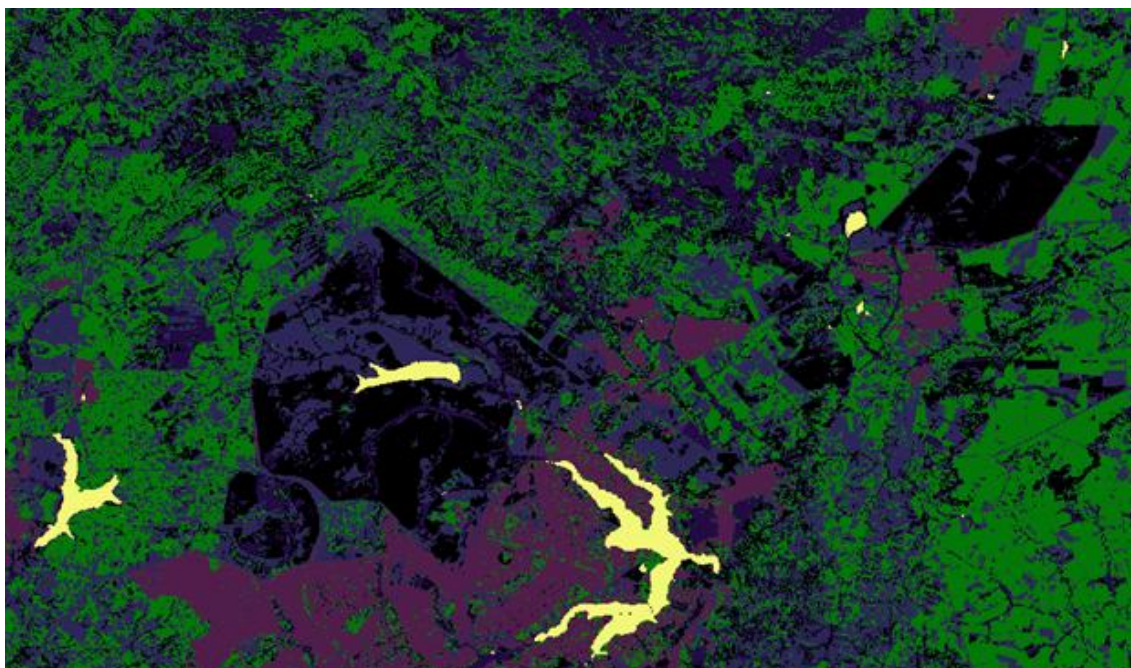


Figura 2: Superfície de fricção/resistência: parte do procedimento para o cálculo do caminho de menor custo. Cada cor diferente na imagem representa uma classe de uso da terra com valor de atributo distinto. A unidade da paisagem de coloração roxa, por exemplo, representa áreas urbanas, que possuem pixel com valor de atributo equivalente a 1200 para o Lobo-guará. Esse valor é 40 vezes superior ao habitat principal dessa espécie, indicando que deslocar-se geograficamente por 30 metros em uma área urbana equivale ao deslocamento de 1200 metros em uma área de Cerrado *Sensu Stricto*, seu habitat principal.

Quadro I: Valores de atributo para as sete espécies estudadas na Iniciação Científica. O atributo é o valor que caracteriza a dificuldade ou facilidade de uma espécie em se locomover em um pixel, como no caso do Lobo-guará, em que o valor de atributo no Cerrado *Sensu Stricto* é 30.

CUSTO FRICCIONAL (METROS)	ANIMAL						
	Ariranha	Tatu- canastra	Tamandua- bandeira	Jaguatiric a	Cachorro- do-mato	Lobo- guará	Onça- parda
Agricultura	450	420	450	600	900	300	240
Mata	60	60	60	30	60	60	30
Corpos D'gua	30	1500	600	300	420	600	150
Campo Cerrado	450	30	30	240	630	120	120
Cerrado Sensu Stricto	300	60	60	120	570	30	60
Urbano	1800	1800	1800	1500	1500	1200	1200

O estudo foi conduzido com auxílio da ferramenta de custo friccional, utilizada por meio do Sistema de Informação Geográfica Idrisi Kilimanjaro. Foi feito uso também do software MapInfo para diagramação final dos mapas. Foram empregados:

a) Módulos: cost e pathway: O módulo cost foi usado para o cálculo do acúmulo dos pixels valorados anteriormente (Quadro I), tendo uma Unidade de Conservação (UC) como ponto de origem. O cost utiliza a superfície de fricção para calcular a distância pixel por pixel (cada pixel com seu valor de atributo) na imagem por completo e assim qualquer ponto consultado na cena representa o valor da distância resultante da soma de cada pixel equivalente desde a UC de origem até aquele ponto. O pathway opera indicando a menor distância entre duas UCs, a partir das informações geradas pelo cost.

b) Automatização baseada em execução de macros: As macros são conjuntos de comandos escritos em uma linguagem computacional, referenciando os comandos internos do SIG Idrisi, para possibilitar que o operador do software se ausente enquanto o geoprocessamento é feito, sem que seja preciso um comando pelo operador em cada etapa do processo. Trata-se, portanto de um processo em lote (ou batelada), na qual o software executa de forma autônoma uma série de comandos programados na macro. Desta forma, viabiliza-se o processamento de inúmeros procedimentos análogos repetitivos, como na obtenção de múltiplos caminhos.

Para a obtenção de múltiplos caminhos foi realizado os procedimentos: após gerado o caminho de menor custo pelo módulo PATHWAY, foi preciso, por meio do módulo RECLASS, assinalar um valor qualquer de atributo muito alto a esse caminho para que ele funcione quase como uma barreira, no caso o valor 10000, e fazer um overlay dele com a superfície de fricção.. Assim, o COST foi acionado sobre essa nova superfície de fricção e depois o PATHWAY. Desse modo, resultou-se em dois caminhos de menor custo, sendo esperado que o segundo caminho tenha maior custo que o primeiro. Para modelar o terceiro caminho foi preciso seguir a lógica anterior fazendo um overlay do segundo caminho com a superfície de fricção que já possuía o overlay do primeiro caminho, rodar o módulo COST e PATHWAY e assim sucessivamente até atingir um número de caminhos desejado, que no caso foi 30.

Todo valor de atributo é adimensional, mas no caso, como o montante básico considerado foi 30, valor equivalente ao lado do quadrado do pixel do

landsat, que representa 30 metros reais, um animal que atravessasse um pixel com valor 10000 estaria atravessando aproximadamente o equivalente a 333 pixels de valor de atrito/atributo 30, que é o valor que indica habitat preferencial, ou seja, 9990 metros reais de deslocamento no habitat preferencial. Vale reiterar que 10000 foi um valor qualquer escolhido, só por ser muito alto e forçar o modelo a mostrar outros caminhos de menor custo e que de fato, quando inserido no modelo, cumpriu seu objetivo.

c) Análise dos resultados de múltiplos caminhos: Foi dada especial atenção a locais específicos por reunirem muitos caminhos para uma ou mais espécies, de forma a identificar nós na paisagem que possam indicar possíveis trampolins ecológicos, ou mesmo corredores.

d) Identificação do esforço de modelagem adequado: Trata-se de analisar criticamente as sucessivas execuções do modelo de forma a identificar limites aquém ou além dos quais, a modelagem torna-se insuficiente ou exageradamente custosa, de forma a contribuir para a definição do esforço de modelagem ideal para estudos análogos.. Existem diferentes modos de definir o esforço de modelagem necessário: a partir da Distância Friccional (DF), combinação da Distância Geográfica (DG) com a DF ou por análise visual.

A análise visual é subjetiva e se baseia na observação do número de caminhos necessários para a formação de corredores ou nós, quando eles existem, de modo a evitar o esforço da modelagem de uma quantidade de caminhos que se distribuam de forma muito dispersa na paisagem.

Os valores da DF e da DG são obtidos por um módulo denominado PROFILE do IDRISI, que necessita da imagem de custo friccional e do caminho de menor custo para perfilar a relação entre a Distância Geográfica no eixo X de um eixo cartesiano e a Distância Friccional no eixo Y. Os valores podem ser apresentados no excel em duas colunas, cada uma delas representando um eixo e cada linha das respectivas colunas tem o valor de um dos pixels que o animal passa, com valores desde a UC de origem até a UC alvo, sendo portanto esperado um aumento dos valores ao longo do deslocamento. Porém, ao observar a coluna da DF, é possível concluir que os valores dos pixels consecutivos não são sempre maiores que os pixels antecedentes, apesar da

tendência crescente, ao longo da coluna, ocorrendo variações entre valores maiores e menores, provavelmente devido ao modo como o software otimiza a definição dos caminhos de menor custo, ou seja, a ideia considerada é que ao forçar a construção de caminhos secundários, terciários (e assim por diante), o software é obrigado a passar por áreas com acúmulos friccionais altos e depois retornar a regiões com menores custos. Contudo, como o objetivo é alcançar resultados que mostrem a dificuldade acumulada no deslocamento, foi preciso fazer uma correção nos valores da coluna Y (friccional) por meio da positivação das diferenças negativas entre os pixels ao longo da coluna. Uma terceira coluna foi feita com o cálculo das diferenças entre os pixels e uma quarta coluna foi feita para somar as diferenças. Assim, nos casos em que a diferença era negativa o sinal foi invertido para contabilizar um acréscimo. Esse procedimento é repetido nos 30 caminhos rodados e um modo de definir o número de caminhos a ser modelado seria, por exemplo, modelar um número de caminhos que alcancem valores inferiores a 1,5 vezes o valor do pixel mais alto da coluna dos números corrigidos (positivados) do caminho de menor valor dentre os demais. Feito isso, uma opção complementar seria também analisar a DG dos caminhos resultantes desse procedimento e escolher caminhos que possuam menores DGs. Isso pode ser considerado em casos que há limites de recursos para a construção de corredores ou demanda alta por uso antrópico da paisagem.

5-Resultados

Os resultados foram alcançados com a simulação do deslocamento de 30 caminhos (número escolhido arbitrariamente) para cada espécie a partir da ESECAE com alvo em dois pontos diferentes: ou o PNB ou um único fragmento da FLONA. Uma escala de cores foi atribuída aos caminhos de cada espécie para indicar a sequência do número deles para diferenciar visualmente aqueles mais custosos. A seguir, será feita a descrição dos deslocamentos segundo o modelo utilizado. Foram considerados corredores rotas que mostraram adensamento de caminhos, podendo haver certa subjetividade na identificação de um adensamento significativo para ser considerado um corredor.

5.1-Resultados da movimentação entre o PNB e ESECAE

O modelo formou para o Tamanduá-bandeira (Figura 3) e o Tatu-canastra (Figura 4) quatro corredores para cada um entre a ESECAE e PNB, que em um primeiro momento, a partir de uma análise visual demonstram ter importância semelhante, pois os primeiros caminhos se distribuem entre os quatro corredores. Não obstante, dos dez primeiros caminhos, quatro deles estavam localizados passando em uma região cercada por áreas urbanas de Sobradinho, assinalando sua maior importância devido a maior densidade de caminhos.

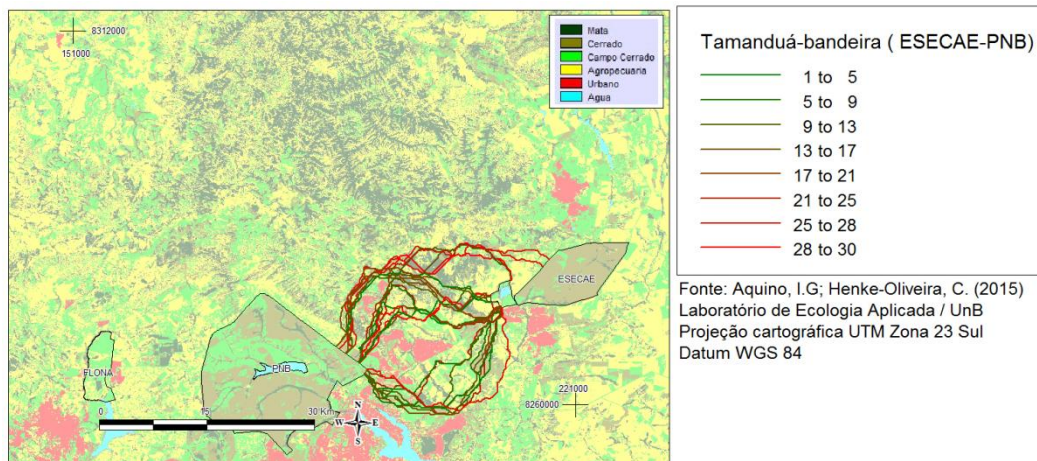


Figura 3: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Tamanduá-bandeira.

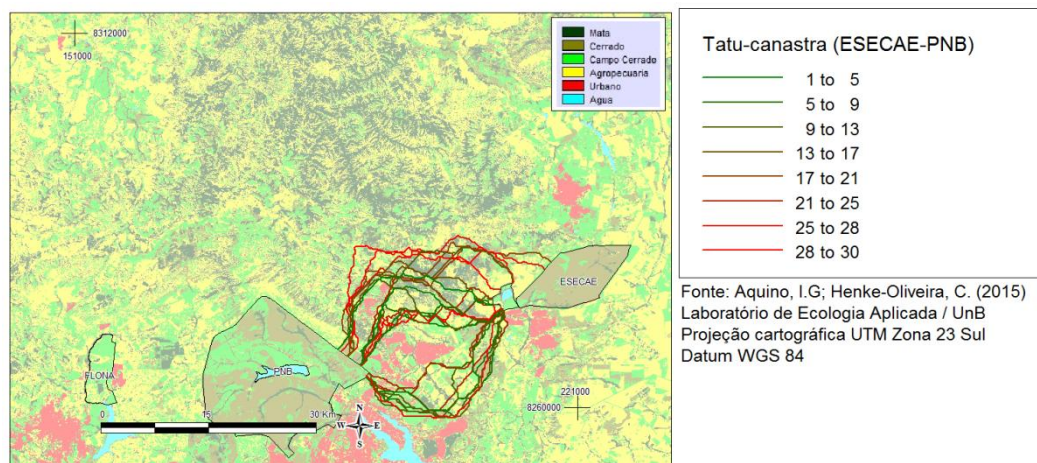


Figura 4: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Tatu-canastra.

Quanto a Jaguatirica (Figura 5) houve três corredores e três caminhos foram indicados ao sul de Sobradinho e três ao norte, em regiões mais distantes dos corredores formados, mas esses caminhos representam sequências finais do total de caminhos, de modo que parece não ser preciso dar muita importância a eles. Com relação aos dez primeiros caminhos, três se concentraram no corredor a oeste da Fercal e cinco no corredor do meio, logo a leste do mesmo local. Neste corredor, com relação aos trinta caminhos, ocorreu a maior densidade de caminhos iniciais, mostrando sua prioridade em termos de conservação para esse animal. O segundo corredor em termos de prioridade seria o mais a oeste da Fercal, tanto devido à densidade e largura

de caminhos quanto a presença de um número considerável daqueles caminhos pertencentes à sequência inicial.

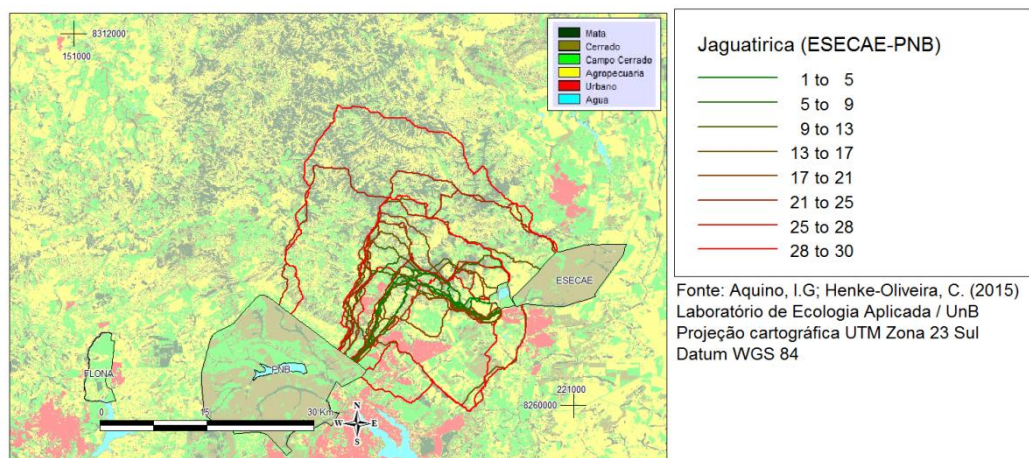


Figura 5: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Jaguatirica.

A Ariranha (Figura 6) sinalizou a importância de dois corredores de igual valor, distribuídos igualmente entre os dez primeiros caminhos e também foi caracterizada por alguns caminhos, de números mais elevados da sequência, dispersos na paisagem.

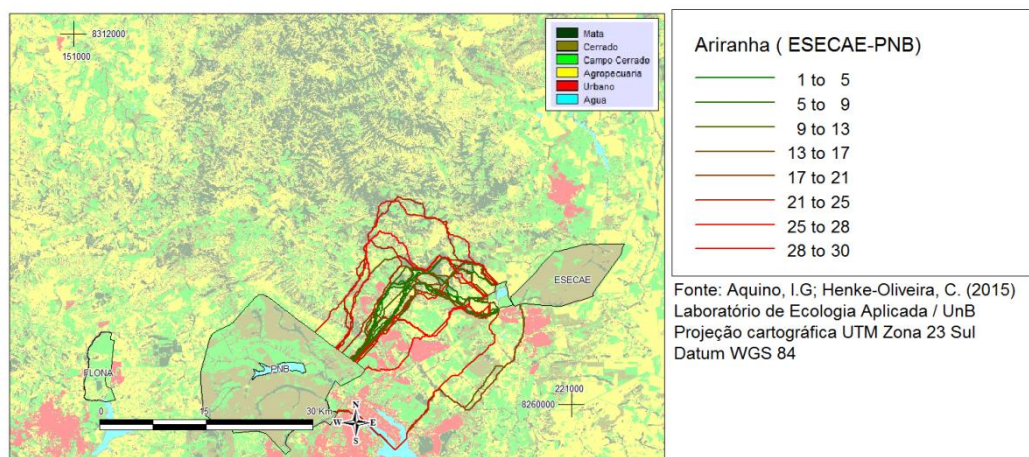


Figura 6: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para Ariranha.

Cinco dos dez primeiros caminhos do Cachorro-do-mato-vinagre (Figura 7) estavam localizados em um dos dois corredores indicados pelo modelo para o animal e quatro no outro, de igual importância. Existem poucos caminhos

dispersos na paisagem sem formar corredores, em comparação com o número total, e têm número alto na sequência de caminhos.

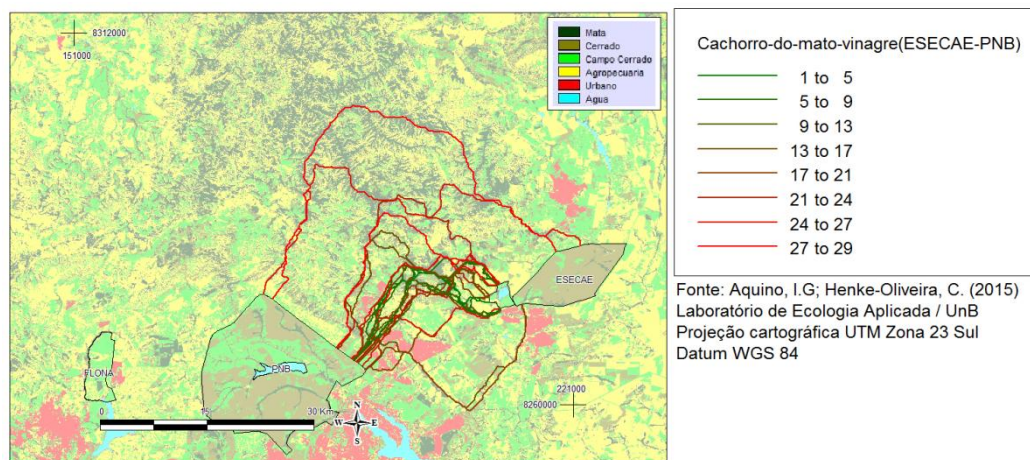


Figura 7: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para o Cachorro-do-mato-vinagre.

A Onça-parda (Figura 8) foi representada por três corredores, com importâncias diferenciadas devido a concentrações diversas de caminhos primários. Seis dos dez primeiros caminhos estavam no corredor do meio e três no último corredor mais a leste. Poucos caminhos se afastaram dos corredores e também possuíam números sequenciais altos.

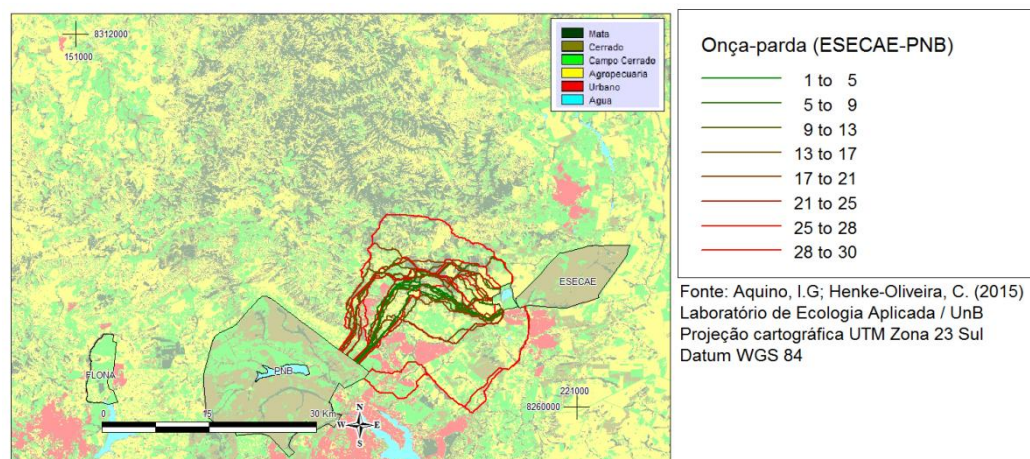


Figura 8: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para a Onça-parda.

A conectividade para o Lobo-guará (Figura 9) também foi caracterizada pela formação de três corredores, mas, seguindo os mesmos critérios utilizados nas outras espécies (densidade de caminhos totais e distribuição dos números sequenciais) apresentou corredor com maior prioridade, o do meio.

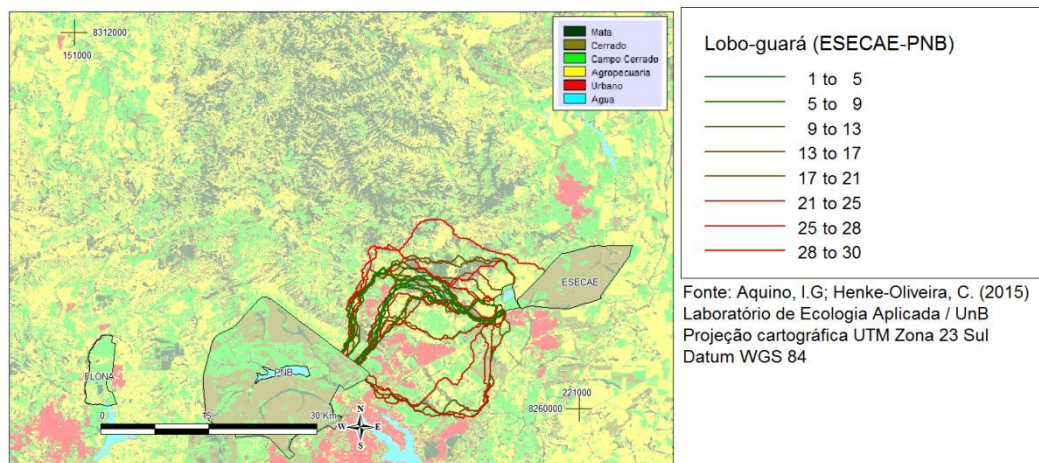


Figura 9: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e o PNB para o Lobo-guará.

5.2-Resultados da movimentação entre a FLONA e ESECAE

A simulação da movimentação da fauna entre a FLONA e ESECAE possibilitou a identificação de três regiões mais importantes no deslocamento de animais que dependem primariamente do campo cerrado, ou cerrado *sensu stricto* ou mata, exemplificados pelas espécies: Jaguaritica, Lobo-guará e Tamanduá-bandeira.

O modelo indica a importância da APA de Cafuringa para a movimentação da fauna que depende primariamente do habitat de mata, revelando a ocupação do espaço de forma bem dispersa na paisagem, padrão que pode ser visualizado na Figura 10.

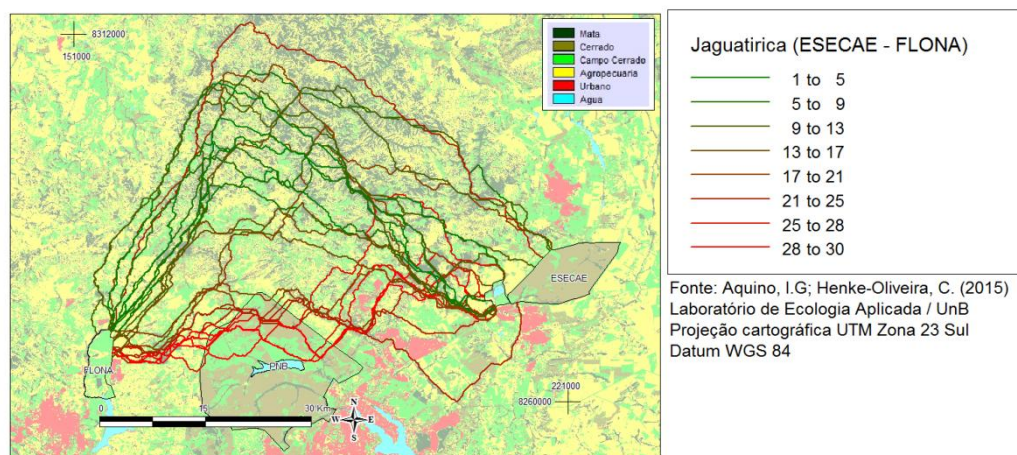


Figura 10: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e a Flona para a Jaguaririca.

Animais que tem mais facilidade em passar por campo cerrado constituíram uma região de adensamento dos caminhos no PNB e outra entre a APA de Cafuringa e o Parque, local em que é possível observar uma grande mancha dessa fitofisionomia. Os caminhos de baixos valores estavam distribuídos igualmente entre as duas regiões, indicando a importância de ambas no deslocamento (Figura 11).

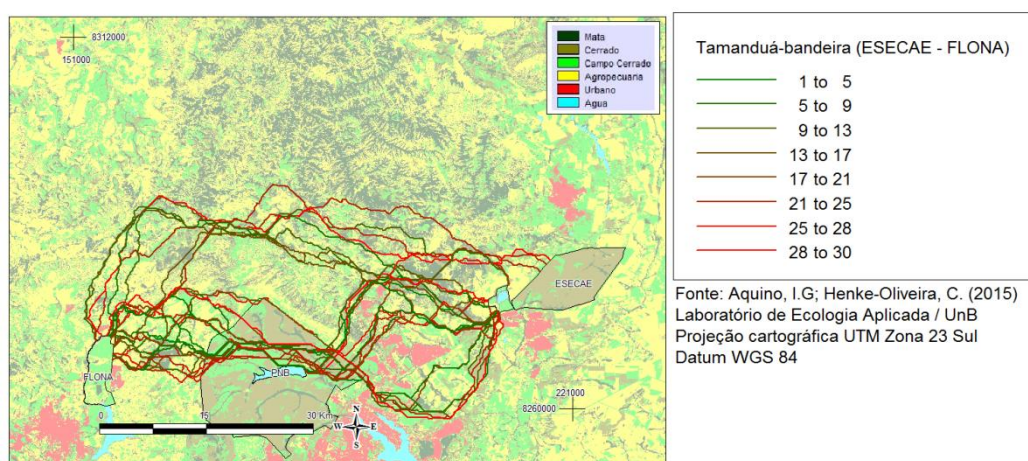


Figura 11: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e a Flona para o Tamanduá-bandeira.

A dependência da fauna que tem mais afinidade com o cerrado *censu stricto*, ilustrada nesse caso pelo Lobo-guará, foi expressa pela priorização de uso do Parque Nacional como rota de passagem (Figura 12).

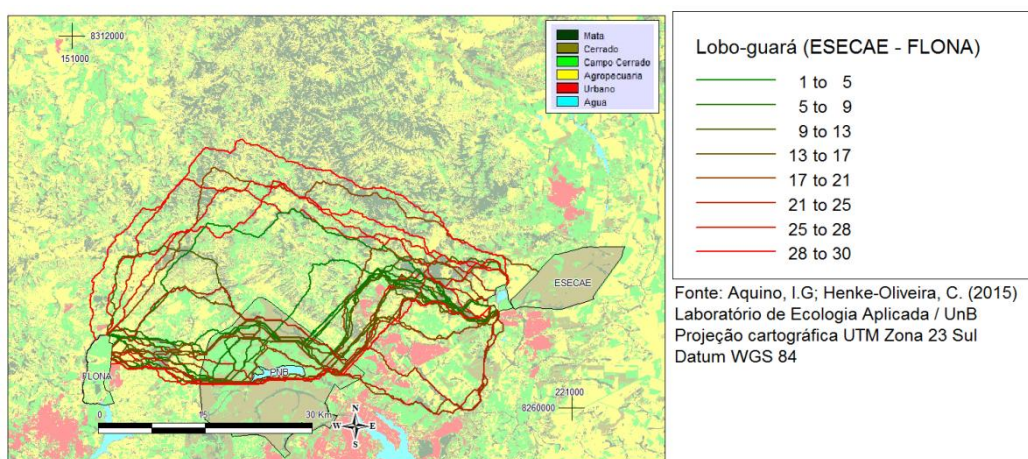


Figura 12: Resultado de 30 execuções do modelo de menor caminho friccional entre a ESECAE e a Flona para o Lobo-guará.

6-Discussão

Vale salientar que a literatura na qual os valores de atributo foram baseados apresenta frequência de registro por habitat pra cada espécie que varia entre estados brasileiros diferentes ou até mesmo dentro de uma mesma região, como é o caso entre os trabalhos de Medri, 2002 e Rosa, 2007. Estes estudos foram realizados em uma mesma fazenda de Corumbá, Mato Grosso do Sul, em que a maioria dos Tamanduás-bandeira utilizou o cerrado e a mata para descanso no primeiro trabalho, mas já no segundo a maioria utilizou somente a mata para descansar e dormir. Por isso, os valores de atributo aqui estabelecidos não devem ser considerados como definitivos e muito precisos, sendo resultado de uma abstração a partir da comparação com os diferentes trabalhos (Anacleto e Marinho-Filho, 2001; Mantovani, 2001; Medri e Mourão, 2005; Pimenta, 2005; Ciocheti, 2007; Rosa, 2007; Juarez, 2008; Oliveira, 2009; Silveira et al., 2009). Logo, o modelo indica a possibilidade de corredores, mas não os corredores que devem ser utilizados já permanentemente em uma política ambiental no Distrito Federal.

O método utilizado aqui, baseado em conhecimento técnico e literatura para elaboração dos atributos ficcionais, é consistente com os métodos de outros trabalhos que não realizaram estudos empíricos (Por exemplo: Dunnnett e Nikolakaki, 2005; Pinto e Keitt, 2008; Guimarães, Hartz e Becker, 2014).

Por mais óbvio que seja, vale frisar que existem limites sensoriais para cada espécie no que se refere à identificação de uma mancha distante. Por isso mesmo o modelo aponta uma otimização no deslocamento, definida por campo numérico. Esse fato se mostra muito significativo na priorização de áreas a serem conservadas.

A movimentação entre a ESECAE e Flona nos permite ilustrar a falta de contato que indivíduos possam ter com o Parque Nacional de Brasília, particularmente os que têm a mata como habitat primário. A preferência desses animais pelo deslocamento na APA de Cafuringa indica uma tendência, mas não impede que algum indivíduo possa cruzar o PNB. O mesmo vale para o Lobo-guará, representante de animais que tem maior facilidade de dispersão no cerrado *sensu stricto*, ou seja, deve-se considerar a possibilidade de

deslocamento alguns indivíduos na APA sem necessariamente ter contato com o PNB.

A modelagem de múltiplos caminhos permitiu a identificação de mais de um corredor pra cada espécie do estudo, assim como áreas importantes para a conectividade da paisagem, como foi o caso de uma área que reuniu grande densidade e amplitude de caminhos, localizada em uma zona entre a ESECAE, Fercal e Sobradinho, composta por manchas de cerrado *sensu strictu* e mata.

Algumas manchas de campo cerrado merecem destaque pela relevância que desempenham no deslocamento de espécies que estejam mais habituadas a essa fitofisionomia. Para isso, pode ser citado a que se encontra logo ao norte de Sobradinho. A predominância de cobertura de campo cerrado mais a leste dessa Região Administrativa justifica o corredor formado que é cercado por área urbana que tende a se adensar com o tempo, devido ao aumento populacional e crescimento das cidades, e por isso não deve ser prezado como área prioritária, visto as alternativas propiciadas pelos outros corredores para as mesmas espécies.

No deslocamento até o PNB foi observado a formação de 3 corredores na paisagem, que diferem em termos de importância, a variar dependendo do tipo de cobertura preferencial de cada grupo de animais. Por conseguinte, com exceção da Jaguatirica, os corredores que tiveram mais destaque dos animais que usam preferencialmente a mata foram os dois localizados entre a Fercal e Sobradinho.

A forma como uma mesma espécie possui padrões de deslocamento diferenciadas em locais distintos reforça a importância da estrutura da paisagem na dispersão dos caminhos, como pode ser observado com a Jaguatirica, comparando as duas situações em que a UC alvo é a Flona ou o PNB.

A escolha do método de corte do número de caminhos, definido pelo melhor esforço de modelagem, vai depender do perfil e objetivos do usuário do modelo. Logo, um tomador de decisão no planejamento de corredores, por exemplo, por limitações financeiras e pela possibilidade de pressão de uso

espacial antrópico, pode escolher visualmente os corredores localizados em extensões que sofrem menos especulação imobiliária ou ocupam uma porção de terra menor, inclusive com isso demandando menor número de funcionários (esforço de estado para monitorar os corredores). Um usuário que preze pela análise da paisagem do ponto de vista da espécie, por exemplo, um modelador, certamente privilegiará um esforço de modelagem que se baseie em primeiro lugar no ponto de vista da espécie sobre a paisagem.

Ainda que o modelo busque caminhos que otimizem a passagem entre duas UCs na paisagem, é preciso considerar a extensão máxima que um indivíduo é capaz de atravessar fora de manchas que tenham tamanho e qualidade suficientes para promover uma permanência a longo prazo, sendo preciso definir pontos na paisagem que reflitam a relevância deles como locais de permanência temporária, o caso dos trampolins ecológicos.

Diversas regiões do Distrito Federal e entorno foram identificadas como prioritárias para conservação. Para isso, é preciso que seja investido recursos em mais pesquisas que possam validar as contribuições do modelo com observações de campo e considerar a viabilidade econômica na construção de corredores e preservação de outros pontos na paisagem que tenham serventia para a conectividade. Devido à limitação de tempo e recursos imposta a esse tipo de trabalho, que faz parte da conclusão do curso, o modelo não pôde ser calibrado com dados empíricos, ainda assim, os resultados e análises gerados aqui para o Distrito Federal certamente contribuem conceitualmente para a formulação e discussão de políticas públicas. Em caso de validação do modelo com uso de radiocolares ou presença de vestígios, é recomendado o acompanhamento de um número de indivíduos que tenha representatividade estatística, por considerar a variação no deslocamento de cada indivíduo.

7-Considerações finais

As espécies empregadas neste estudo, inicialmente identificadas pelo nome científico e, posteriormente, pelo nome vulgar, não representam necessariamente e exclusivamente populações ou conjunto de indivíduos destas espécies. A interpretação mais apropriada seria a de grupos funcionais. Desta forma, uma análise mais profunda dos resultados gerados pelos modelos deve considerar que ao referir-se a onça-parda, por exemplo, tem-se a representação de um grupo funcional com maior afinidade a mata que ao cerrado, diferindo do lobo-guará que apresenta mais afinidade ao cerrado. Sendo assim, o grupo das sete espécies empregadas, representa um conjunto que resguarda grande grau de diversificação funcional em relação à preferência de hábitat para deslocamento.

Os modelos empregados nestes estudos possibilitaram discutir a conectividade numa perspectiva distinta. Por exemplo, anteriormente ao emprego dos modelos, uma possível inclusão da APA de Cafuringa na composição de corredores entre ESECAE e FLONA não parecia tão óbvia. O uso dos modelos permitiu enxergar além.

No entanto, o uso dos modelos para identificar corredores é um exercício complexo, não somente pelas inúmeras possibilidades de definição de corredores, mas, sobretudo pela dificuldade em estabelecer o limite adequado do número de execuções do modelo (número de caminhos), ou seja, o tamanho do esforço de modelagem. Tal limite é mais condicionado pelo usuário que pelo modelo em si (e, conseqüentemente, pelos parâmetros das espécies modeladas). Disponibilidade de tempo para sintetizar e sistematizar os resultados, capacidade de implementação de corredores, seja política, administrativa ou financeira, são aspectos importantes para estabelecer o tamanho do esforço de modelagem.

8-Bibliografia

ADRIAENSEN, F. et al. Evaluating least-cost model predictions with empirical dispersal data: A case-study using radiotracking data of hedgehogs (*Erinaceus europaeus*). *Ecological Modelling*. V.209, pp.314–322, 2007.

ADRIAENSEN, F. et al. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Science Direct*. V.64, pp.233–247, 2003.

ANACLETO, T. C. S. e MARINHO-FILHO, J. Hábito alimentar do tatu-canastra (*Xenarthra*, *Dasypodidae*) em uma área de cerrado do Brasil Central. *Revista Brasileira de Zoologia*. V. 18, n. 3, pp. 681-688, 2001.

ALONSO, A. C. Delineamento e avaliação de corredores lineares multi-habitat: estudo de caso com bugio-ruivo (*Alouatta clamitans*) em mosaico urbano-rural. 2010. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

BARLOW, R.E., PROSCHAN, F. *Mathematical Theory of Reliability*. Wiley, New York. 1965. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Departamento de Conservação da Biodiversidade, Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Pagamento por serviços ambientais na mata atlântica: Lições aprendidas e desafios. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Departamento de Conservação da Biodiversidade, Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Pagamento por serviços ambientais na mata atlântica: Lições aprendidas e desafios. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2011.

CARRANZA, M.L et al. Connectivity providers for semi-aquatic vertebrates: the case of the endangered otter in Italy. *Landscape Ecology*. V.27, pp.281–290, 2012.

CIOCHETI, G. Uso de habitat e padrão de atividade de médios e grandes mamíferos e nicho trófico de Lobo-Guará (*Chrysocyon brachyurus*), Onça-parda (*Puma concolor*) e Jaguatirica (*Leopardus Pardalis*) numa paisagem agroflorestal, no estado de São Paulo. 2007. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 2007.

DUNNETT, N.; NIKOLAKAKI, P. The use of spatial concepts as a basis for designing a viable-habitat network: Conserving redstart (*Phoenicurus phoenicurus*) populations in Sherwood Forest, England. *Science Direct*. V.13, pp.31-48, 2005.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D; BRISCOE, D. A. Consequências genéticas do tamanho populacional pequeno. FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D; BRISCOE, D. A. Fundamentos de genética da conservação. 2008, pp. 54-59. Ribeirão Preto, SP.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem, *Oecol. Bras.* v.11, n.4, 493-502, 2007.

GONZALES, E.; GERGEL, S. Testing assumptions of cost surface analysis—a tool for invasive species management. *Landscape Ecology*. V. **22**, n.8, pp.1155-1168, 2007.

GUIMARÃES, Taís de Fátima Ramos; HARTZ, S. M.; BECKER, F. G. Lake connectivity and fish species richness in southern Brazilian coastal lakes. *Hydrobiologia*. v.740, pp.207-217, 2014.

JORDÁN, F. A reliability-theory approach to corridor design. *Ecological Modelling*. V. 128, pp. 211-220, 1999. MA-Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human well-being: Synthesis*. Washington, DC, Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

JUAREZ, K.M. Mamíferos de médio e grande porte nas Unidades de Conservação do Distrito Federal. 2008. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, 2008.

MANTOVANI, J.E. Telemetria convencional e via satélite na determinação da área de vida de três espécies de carnívoros na região nordeste do estado de São Paulo. 2001. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 2001.

MEDRI, I. M ; MOURÃO, G. Home range of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) in the Pantanal wetland, Brazil. *Journal of Zoology*. V. 266, pp.365-375, 2005.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. *In*: L. Cullen Jr, R. Rudran & C. Valladares-Padua, (CDs), Métodos de estudos em biologia da conservação & manejo da vida silvestre. Pp. 423-453. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

METZGER, J. P. Como lidar com regras pouco óbvias para a conservação da biodiversidade. *Natureza & Conservação*. V. 4, n.2, outubro, pp.11-23, 2006.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotrópica*. V.1, n.1, 2001.

MA-Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human well-being: Synthesis*. Washington, DC, Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

OLIVEIRA, T. G. de. Distribution, habitat utilization and conservation of the Vulnerable bush dog *Speothos venaticus* in northern Brazil. *Fauna & Flora International*. V. 43, n.2, pp.247-253, 2009.

PIMENTA, F.E. Uso de habitats por mamíferos de médio e grande porte na Serra do Cachimbo, PA. 2005. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Pará, 2005.

PINTO, N.; KEITT, T. Beyond the least-cost path: evaluating corridor redundancy using a graph-theoretic approach. *Landscape Ecology*. V. **24**, n.2, pp. 253-266, 2009.

RICHARD, Y.; ARMSTRONG, D.P. Cost distance modelling of landscape connectivity and gap-crossing ability using radio-tracking data. *Journal of Applied Ecology*. V. **47**, n.3, pp. 603-610, 2010.

ROSA, A.L.M. Efeito da temperatura ambiental sobre a atividade, uso de habitat e temperatura corporal do tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga Trydactyla*) na fazenda Nhumirim, Pantanal. 2007. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.

RUTLEDGE, D. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? Doc Science Internal Series 98. Wellington, New Zeland, 2003.

SAWYER, S. C.; EPPS, C. W; BRASHARES, J. S. Placing linkages among fragmented habitats: do least-cost models reflect how animals use landscapes? Journal of Applied Ecology. V.48, pp. 668-678, 2011.

SILVEIRA, L. et al. Ecology of the Giant Armadillo (*Priodontes maximus*) in the Grasslands of Central Brazil. Edentata. V. 8, n. 8-10, pp. 25-34, 2009.

TISCHENDORF, L. Can landscape indices predict ecological processes consistently? Landscape Ecology. V.16, 235-254, 2001.

URBAN, D. e KEITT, T. Landscape connectivity: a graph-theoretic perspective. Ecology, v.82, n.5, pp. 1205-1218, 2001.

VERBEYLEN, G. et al. Does matrix resistance influence Red squirrel in an urban landscape? Landscape Ecology. V.8, n.18, pp. 791-805,2003.

VON NEUMANN, J. Probabilistic logic and the synthesis of reliable organisms from unreliable components. 1956, pp. 43–98. In: Shannon, C.E., McCarthy, J.M. (Eds.). Automata Studies. Annals of Mathematics Studies, v. 34. Princeton University Press, Princeton, NJ.